

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/205			H 0 1 L 21/205	
B 0 1 J 19/08			B 0 1 J 19/08	H
C 3 0 B 25/02			C 3 0 B 25/02	P
H 0 1 L 21/31			H 0 1 L 21/31	C
				E

審査請求 有 発明の数 4 F D (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-335708  
(62) 分割の表示 特願平6-192272の分割  
(22) 出願日 昭和56年(1981)11月30日

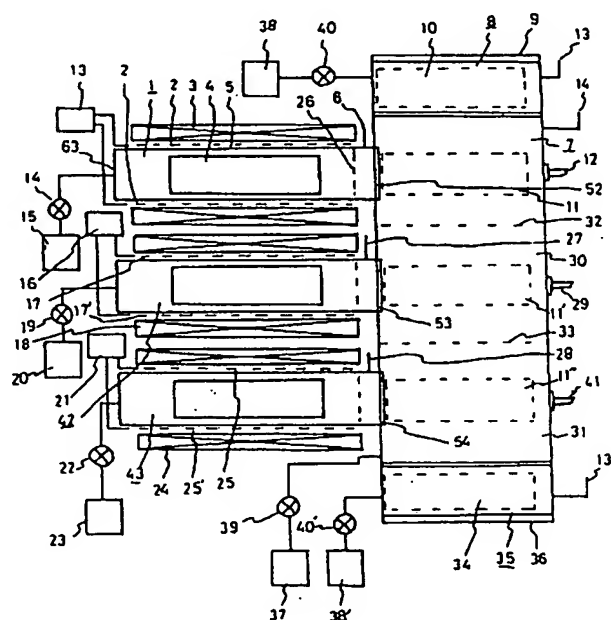
(71) 出願人 000153878  
株式会社半導体エネルギー研究所  
神奈川県厚木市長谷398番地  
(72) 発明者 山崎 舜平  
東京都世田谷区北烏山7丁目21番21号 株  
式会社半導体エネルギー研究所内  
(74) 代理人 弁理士 加藤 恭介

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法

(57) 【要約】

【課題】 複数の被膜を基板上に積層形成するため、異なる反応処理を行なう複数の反応室を連続して設ける際に、反応室どうしにおける気体の混合、および各反応室における正確な温度の制御を可能にした。

【解決手段】 複数の被膜を基板上に積層形成するための共通室に対し、並列に配置された異なる複数のプラズマ反応処理を行なう反応室が配置されている。このような複数の反応室において、基板は、移動機構により、前記共通室を介して反応室に入るようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 独立した加熱手段、独立した減圧手段、および独立したプラズマ発生手段をそれぞれに有する第 1 の反応炉および第 2 の反応炉と、前記反応炉に対してそれぞれ独立した一つの出入口を介して接続されると共に、前記各反応炉に対して基板を出入させるための基板移動機構と排気手段とを有する一つの共通室と、を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 独立した加熱手段、独立した減圧手段、および独立したプラズマ発生手段をそれぞれに有する第 1 の反応炉、第 2 の反応炉、および第 3 の反応炉と、これらの反応炉に対してそれぞれ独立した一つの出入口を介して接続されると共に、前記各反応炉に対して基板を出入させるための基板移動機構と排気手段とを有する一つの共通室と、を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】 独立した加熱手段および独立した減圧手段をそれぞれに有する第 1 の反応炉および第 2 の反応炉と、これらの反応炉に対してそれぞれ独立した一つの出入口を介して接続されると共に、前記各反応炉に対して基板を出入させるための基板移動機構と排気手段とを有する一つの共通室とを備えたプラズマ処理方法において、

前記共通室から前記第 1 の反応炉へ基板を移動する第 1 工程と、

当該第 1 工程の後、前記第 1 の反応炉で基板上に第 1 の被膜を形成させる第 2 工程と、

当該第 2 工程の後、前記基板を前記共通室に戻す第 3 工程と、

当該第 3 工程の後、第 2 の反応炉に再び前記基板を移動させる第 4 工程と、

当該第 4 工程の後、前記複数の基板上の第 1 の被膜上に第 2 の被膜を形成させる第 5 工程と、

当該第 5 工程の後、再び前記基板を前記共通室に戻す第 6 工程と、からなる被膜作製工程を複数回繰り返す工程と、

前記第 1 の反応炉および／または第 2 の反応炉における内壁に被膜形成の際に付着した反応生成物をフッ素系気体のプラズマエッチングにより除去する工程と、

を有することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 4】 請求項 3 記載の被膜がプラズマ気相法によって形成されることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 5】 独立した加熱手段および独立した減圧手段をそれぞれに有する第 1 の反応炉、第 2 の反応炉、および第 3 の反応炉と、これらの反応炉に対してそれぞれ独立した一つの出入口を介して接続されると共に、前記各反応炉に対して基板を出入させるための基板移動機構と排気手段とを有する一つの共通室とを備えたプラズマ処理方法において、

前記共通室から前記第 1 の反応炉へ基板を移動する第 1 工程と、

当該第 1 工程の後、前記第 1 の反応炉で基板上に第 1 の被膜を形成させる第 2 工程と、

当該第 2 工程の後、前記基板を前記共通室に戻す第 3 工程と、

当該第 3 工程の後、第 2 の反応炉に再び前記基板を移動させる第 4 工程と、

当該第 4 工程の後、前記基板上の第 1 の被膜上に第 2 の被膜を形成させる第 5 工程と、

当該第 5 工程の後、再び前記基板を前記共通室に戻す第 6 工程と、

当該第 6 工程の後、再び前記基板を前記第 1 または第 3 の反応炉へ移動する第 7 工程と、

当該第 7 工程の後、前記第 2 の被膜の上に被膜を形成する第 8 工程と、

第 8 工程の後、再び前記基板を前記共通室に戻す第 9 工程と、

からなる被膜作製工程を複数回繰り返す工程と、

前記第 1 の反応炉、第 2 の反応炉、および／または第 3 の反応炉における内壁に被膜形成の際に付着した反応生成物をフッ素系気体のプラズマエッチングにより除去する工程と、

を有することを特徴とするプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、グローまたはアーク放電を利用したプラズマ気相法（以下、PCVDという）により、安定して再現性のよい半導体装置を多量に作製するためのプラズマ処理装置またはプラズマ処理方法に関するものである。本発明は、PCVD装置に対し、反応系に関して、プラズマ気相法における反応性気体が導入される反応筒内に、電極その他のジグを設けず、被形成面を有する基板とその基板ホルダ（例えば石英製のポート）を導入し、反応性気体がラミナフロー（層流）とせしめることにより、被膜厚を均一とし、さらに膜質もバッチ内、バッチ間でバラツキの少ない半導体膜を形成させるためのプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関するものである。

【 0 0 0 2 】本発明は、かかる酸素、水分の反応炉への導入を防止するため、この反応筒に連結して基板および基板ホルダを保持または移動する機構を有する室を設け、その生産性の向上および特性の再現性の向上に務めたプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関するものである。さらに、本発明は、プラズマ放電電界が基板表面に平行に（そって）印加されるように電極を具備せしめ、活性の反応性生成物が被形成表面に垂直方向に衝突して形成された半導体膜の特性を劣化させてしまうことを防いでいることを他の目的としている。この被形成面上へのスパッタ（損傷）の防止は、例えば、被形成面

3

上に P 型半導体層を設け、その上面に I 型（真性または実質的に真性）の半導体層を作製しようとする時、P 型を構成する不純物が  $10^{17} \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  の濃度に I 層に混入してしまい、P I 接合を劣化させてしまう。本発明は、かかる欠点を防ぐために示されたものである。

【0003】さらに、本発明は、前記した反応系よりなる第 1 の反応系と、これに連結して第 1 の室を設け、この第 1 の室に連結して第 2 の室を設け、さらに、この第 2 の室に連結した第 1 の反応系と同様の第 2 の反応系を設けたプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関する。かかるプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法は、まず、第 1 の室において、真空引きされ、酸素、水分が除去された雰囲気中で、第 1 の反応炉に基板およびホルダが移動機構により挿入される。次に、この第 1 の反応炉において、一導電型、例えば P 型の導電型を有する半導体が形成された。さらに、この半導体が形成された基板は、再び第 1 の室に引き出され、さらに、上記基板は、第 1 の室に連結された第 2 の室へ同様に酸素、水分の全くない真空中にて移動される。さらに、上記基板は、この第 2 の室より第 2 の反応炉に導入され、第 1 の反応炉と異なる導電型、または異なる添加物、またはその異なる濃度（不純物または添加物）で第 2 の半導体層を第 1 の半導体層上に形成させることができる。

【0004】この際、第 1 の反応炉の内壁に付着した不純物が第 2 の半導体層を形成させる際、全く付着することがないため、きわめて精度が高く、導電率導電性、または  $E_g$ （エネルギーバンド巾）等を制御することができるようになった。本発明は、さらに、この独立した反応炉を三系統設け、これらを共通した室、即ち第 1、第 2、および第 3 の室で互いに連結した製造装置において、特に第 1 の反応炉で P 型半導体層を、第 2 の反応炉で I 型半導体層を、さらに、第 3 の反応炉で N 型半導体層を形成して、PIN 型のダイオード、特に光電変換装置を作製せんとする時、特に有効である。

【0005】本発明は、積層するその層の数により共通した室を介して反応炉をその積層する膜の順序に従って設けることにより、その段数を 2 段または 3 段のみではなく、4～10 段にすることができる。かくして、PIN、PINPIN、PINIPIN、NIPIN、PINIP、・・・等の接合構造を作ることができる。また、この半導体層の作製の際、4 価の元素、例えば珪素に炭素またはゲルマニウムを添加し、その添加量を制御することにより、添加量に比例、対応した光学的エネルギーバンド巾 ( $E_g$ ) を有せしめることができる。例えば、PIN 接合を  $E_{gp}$ 、 $E_{gi}$ 、 $E_{gn}$  ( $E_{gp} > E_{gi} \geq E_{gn}$ ) とした W-N-W (広い  $E_g$  - 狭い  $E_g$  - 広い  $E_g$ ) として設けることを可能とした。またさらに、この PIN 接合を 2 つ積層して設けた PINPIN 構造において、 $E_{gp_1}$ 、 $E_{gi_1}$ 、 $E_{gn_1}$ 、 $E_{gp_2}$ 、 $E_{gi_2}$ 、 $E_{gn_2}$  ( $E_{gp_1} > E_{gn_1} \approx E_{gi_1} \geq E_{gp_2} \geq E_{gi_2} \geq E_{gn_2}$ ) として設け、 $E_{gp_1}$  (2.0～2.4 eV)、 $E_{gn_1}$  (1.7～2.1 eV) を  $\text{SixC}_{1-x}$ 、(0<X<1)、 $E_{gi_1}$ 、 $E_{gp_1}$  (1.6～

4

1.8 eV) を Si により、 $E_{gi_2}$ 、 $E_{gn_2}$  (1.0～1.5 eV) を  $\text{SixGe}_{1-x}$ 、(0<X<1) として設けることが可能である。かかるタンデム構造とするには反応系を 6 系統設ければよい。

【0006】また、NIN または PIN 接合として MIS・FET、バイポーラトランジスタにおいては、反応系を 2 系統とし、第 1 の反応室で基板上に N 層または P 層を、第 2 の反応室で次の I 層を、さらに、第 1 の反応室に基板ホルダを戻して第 3 番目の N 層または P 層を作製する 3 層構造を 2 系統にて作ることが可能である。本発明は、反応炉を互いに連結せずに、それぞれ独立した反応炉を共通する室に連結せしめ、この共通室を介して基板上に異なる処理によって作製されたプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することを目的とする。

【0007】

【従来の技術】一般に、PCVD 装置において、特に反応力の強い珪素を主成分とする反応性気体であるシランまたは珪素のハロゲン化合物気体を用いる場合、反応筒、例えば石英ガラス管の内壁およびホルダに吸着した酸素（空気）および水分が珪化物気体と反応して、酸化珪素（低級酸化珪素）を作り、半導体としての導電性を悪くしていた。従来、PCVD 装置に関しては、上下に平行平板状に容量結合の電極を設け、その一方の電極、例えば下側のカソード電極上に基板を配置し、下方向より加熱する方法が知られている。しかし、この方法において、反応炉は、一室であるため、P 型、I 型、および N 型半導体層とを積層せんとすると、その 1 回目の製造の後の N 型半導体層の不純物が 2 回目の次の工程の P 型半導体層中に混入してしまい、再結合中心となってダイオード特性を劣化させ、さらに、その特性が全くばらついてしまった。このため、光電変換装置を作ろうとしても、その開放電圧  $V_{oc}$  0.2～0.6 V しか得られず、短絡電流を数 mA/cm<sup>2</sup> しか流すことができなかった。加えて、この平行平板型の装置において、電界は、基板表面に垂直方向であるため、P 型層の後 I 層を作らんとした場合、この I 層中に P 層の不純物が混入しやすく、ダイオード特性が出ない場合がしばしば見られた。

【0008】さらに、この反応装置は特に予備室を有していないため、1 回製造することにより反応炉の内壁を大気（空気）にふれさせるため、酸素、水分が吸着し、その吸着酸化物が反応中バックグラウンドレベルに存在するため、電気伝導度が暗伝導度も  $10^{-11} \sim 10^{-8} (\Omega \text{ cm})^{-1}$ 、AMI での光伝導度も  $10^{-4} \sim 10^{-6} (\Omega \text{ cm})^{-1}$  しかなかった。しかし、この吸着物が全く存在しない装置を使った本発明において、暗伝導度  $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 、AMI での光伝導度は、 $1 \times 10^{-3} \sim 9 \times 10^{-3} (\Omega \text{ cm})^{-1}$  と約 100 倍も高く、半導体的性質を有せしめることができた。本発明は、かくの如く従来多数用いられている平行平板型の一室反応炉の PCVD 装置のあらゆる欠点を除去せんとしたものである。さらに、この従来の方式を更に改良したものに、本出願人に係る出願である独立分離型の反応装置

が知られている。この装置は、たとえば、「半導体装置作製方法」昭和53年12月10日（特願昭53-152887号）、およびその分割出願「半導体装置作製方法」（特願昭56-055608号）に詳しく述べられている。さらに、「被膜作製方法」昭和54年8月16日（特願昭54-104452号）にもその詳細が述べられている。

【0009】これらの発明は、例えばPIN接合を有するダイオードを作製せんとする場合、P型半導体層用の第1の反応系、I型半導体層用の第2の反応系、さらにN型半導体層用の第3の反応系をそれぞれの反応炉（ベルジャー）をゲートバルブにて連結したものである。かくすることにより、P層の不純物がI層に混入することがなく、またN層の不純物がI層、P層に混入することがない。いわゆる各半導体層での不純物制御を完全に精度よく行うことができるという特徴を有する。さらに、このP層用の反応炉の前またはN層用反応炉のあとに連結して予備室を設け、いわゆる外部よりの酸素、水蒸気の混入を防止しようとしたものである。しかし、本出願人に係る出願で、縦型のベルジャー式、またはその変形の反応炉を互いに連結した方式においては、基板の温度制御が十分に行なえない。即ち、互いに連結された反応炉の設定温度は、 $300 \pm 20^\circ\text{C}$ 程度を有してしまっていた。このため、形成される被膜のばらつきが大きく、好ましくなかった。加えて、一つの反応炉に充填できる基板の数量が、例えば $10\text{cm}^2$ で1～10枚であった。このため、生産性がきわめて低く、いわゆる低価格、多量生産とはいえなかった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】異なる反応処理を行なう複数の反応室を備えた半導体装置作製方法において、被膜を形成するための基板は、被膜形成処理を行なう毎に、次の反応室に移動させる必要があるため、反応室と次の反応室との間にゲート弁を備えているのが普通である。しかし、上記のように反応室どうしをゲート弁によって連結させておくと、基板の移動は、非常に都合がよいが、異なる反応処理を行なっているため、反応に使用される反応性気体がゲート弁を介して、互いに混じり合うという問題を有する。また、異なる反応処理は、反応室の反応温度が異なるため、ゲート弁を介して基板を移動すると、隣どうしの反応室が一方の温度になる傾向にあり、各反応に必要な正確な温度を得ることが困難である。さらに、反応室の大きさを大きくすると、前記反応性気体の混合、あるいは温度正確な制御が困難になるという問題を有する。

【0011】本発明は、以上のような課題を解決するためのもので、異なる反応処理を行なう複数の反応室を連続して基板上に被膜を形成する際に、反応室どうしにおける気体の混合、および各反応室における正確な温度の制御を可能にしたプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することを目的とする。また、本発明は、反

応室を大きくしても、各バッチ間による被膜作製精度に変化のない均質なプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

（第1発明）前記目的を達成するために、本発明のプラズマ処理装置は、独立した加熱手段、独立した減圧手段、および独立したプラズマ発生手段をそれぞれに有する第1の反応炉および第2の反応炉と、前記反応炉に対してそれぞれ独立した一つの出入口を介して接続されると共に、前記各反応炉に対して基板を出入させるための基板移動機構と排気手段とを有する一つの共通室とを備えたことを特徴とする。

【0013】（第2発明）本発明のプラズマ処理装置は、独立した加熱手段、独立した減圧手段、および独立したプラズマ発生手段をそれぞれに有する第1の反応炉、第2の反応炉、および第3の反応炉と、これらの反応炉に対してそれぞれ独立した一つの出入口を介して接続されると共に、前記各反応炉に対して基板を出入させるための基板移動機構と排気手段とを有する一つの共通室とを備えたことを特徴とする。

【0014】（第3発明）本発明のプラズマ処理方法は、独立した加熱手段および独立した減圧手段をそれぞれに有する第1の反応炉および第2の反応炉と、これらの反応炉に対してそれぞれ独立した一つの出入口を介して接続されると共に、前記各反応炉に対して基板を出入させるための基板移動機構と排気手段とを有する一つの共通室とを備えており、前記共通室から前記第1の反応炉へ基板を移動する第1工程と、当該第1工程の後、前記第1の反応炉で基板上に第1の被膜を形成させる第2工程と、当該第2工程の後、前記基板を前記共通室に戻す第3工程と、当該第3工程の後、第2の反応炉に再び前記基板を移動させる第4工程と、当該第4工程の後、前記複数の基板上の第1の被膜上に第2の被膜を形成させる第5工程と、当該第5工程の後、再び前記基板を前記共通室に戻す第6工程と、からなる被膜作製工程を複数回繰り返す工程と、前記第1の反応炉および／または第2の反応炉における内壁に被膜形成の際に付着した反応生成物をフッ素系気体のプラズマエッチングにより除去する工程とを有することを特徴とする。また、上記プラズマ処理方法は、被膜がプラズマ気相法によって形成されることを特徴とする。

【0015】（第4発明）本発明のプラズマ処理方法は、独立した加熱手段および独立した減圧手段をそれぞれに有する第1の反応炉、第2の反応炉、および第3の反応炉と、これらの反応炉に対してそれぞれ独立した一つの出入口を介して接続されると共に、前記各反応炉に対して基板を出入させるための基板移動機構と排気手段とを有する一つの共通室とを備えており、前記共通室から前記第1の反応炉へ基板を移動する第1工程と、当該

第 1 工程の後、前記第 1 の反応炉で基板上に第 1 の被膜を形成させる第 2 工程と、当該第 2 工程の後、前記基板を前記共通室に戻す第 3 工程と、当該第 3 工程の後、第 2 の反応炉に再び前記基板を移動させる第 4 工程と、当該第 4 工程の後、前記基板上の第 1 の被膜上に第 2 の被膜を形成させる第 5 工程と、当該第 5 工程の後、再び前記基板を前記共通室に戻す第 6 工程と、当該第 6 工程の後、再び前記基板を前記第 1 または第 3 の反応炉へ移動する第 7 工程と、当該第 7 工程の後、前記第 2 の被膜の上に被膜を形成する第 8 工程と、第 8 工程の後、再び前記基板を前記共通室に戻す第 9 工程と、からなる被膜作製工程を複数回繰り返す工程と、前記第 1 の反応炉、第 2 の反応炉、および／または第 3 の反応炉における内壁に被膜形成の際に付着した反応生成物をフッ素系気体のプラズマエッチングにより除去する工程とを有することを特徴とする。

#### 【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】本発明は、第 1 の反応炉および第 2 の反応炉、または第 3 の反応炉には、独立した加熱手段、独立した減圧手段、および独立したプラズマ発生手段が設けられている。上記各反応炉に対してそれぞれ独立した一つの出入口を介して接続される共通室は、基板を出入させるための基板移動機構と排気手段とを備えている。たとえば、第 1 の反応炉において、基板上に上記プラズマ発生手段によって、一つの被膜が形成された後、第 1 の反応炉を排気すると共に、所定の温度に低下させる。その後、被膜が形成された基板は、共通室に基板移動機構によって移動される。共通室は、第 1 反応炉と同じ減圧状態にある。

【 0 0 1 7 】次に、被膜が形成された基板は、たとえば、共通室と同じ減圧状態および温度に設定された第 2 の反応炉に基板移動機構によって移動される。そして、上記第 2 の反応炉は、上記基板に被膜を形成するための温度および減圧状態にされる。その後、上記基板は、プラズマ発生手段によって前記と異なる被膜が形成される。このような工程を繰り返すことによって、基板の上には、同じ被膜、あるいは異なる被膜が所望の層に形成される。本発明は、それぞれ独立した加熱手段、独立した減圧手段、および独立したプラズマ発生手段を備えた第 1 の反応炉、第 2 の反応炉、第 3 の反応炉とがそれぞれ独立した一つの出入口を介して接続されているため、それぞれの反応炉内の温度および減圧状態を正確に制御することができる。また、本願発明は、基板が基板移動機構によって移動されるため、基板ホルダと基板の接触する部分における不良箇所を無くすることができる。さらに、本発明は、被膜を形成する際に、各反応炉の内壁に付着した反応生成物をフッ素系気体のプラズマエッチングによって除去しているため、被膜形成中に内壁からフレークが落下して被膜中に混入されない。

#### 【 0 0 1 8 】

【実 施 例】図 1 は本発明の横型、独立分離式のプラズマ CVD 装置、即ち半導体装置製造装置の概要を示す。図 1 において、第 1 の反応系(1)は、円筒状の反応炉(5)、例えば透明石英(アルミナその他のセラミックでもよい)であり、その直径を 100 ~ 300mm とした。さらに、この反応炉(5)の外側に一對のプラズマ放電を行なわしめる電極(2)、(2')を配置した。この電極(2)、(2')は、例えばステンレス網よりなり、この電極(2)、(2')を覆って抵抗加熱ヒータ(3)を設け、指示温度 50 ~ 350 °C、例えば 300 °C に対し  $\pm 1$  °C の精度にて制御されている。基板および基板ホルダは、符号(4)で略記している。反応性気体(6)は、よりホモシナイザ(26)をへて供給される。一對の電極(2)、(2')は、供給用電源(13)により高周波(10KHz ~ 100MHz、代表的には 13.56MHz)が 5 ~ 200W の強さにて供給される。反応後の不要の生成物およびヘリウム、水素等のキャリアガスは、排気口(13)より反応管内の圧力調整用バルブ(14)をへてロータリーポンプ(15)にて排出される。反応炉(5)は、反応中、反応圧力を 0.05 ~ 0.6 torr、代表的には 0.3 torr に保持され、反応性気体の実効流速を数十 ml/秒にまで早めた。

【 0 0 1 9 】この第 1 の反応炉に加えて、この一方、図面では入口側に基板および基板ホルダ(4)を反応炉(5)内に挿入、または内より炉外に引き出す移動機構(12)を有する第 1 の室(7)が設けられている。この室(7)は、大気圧にする場合、圧力調整用バルブ(14)より高純度空気が供給される。通気は、バルブ(39)をへてロータリーポンプ(37)にて、0.001 ~ 0.01 torr に真空引きがされている。また、この基板および基板ホルダ(11)は、予備室(8)より第 1 の室(7)に移動される。この第 1 の予備室(8)は、排気口(13)より空気が導入され大気圧となり、バルブ(40)、ポンプ(38)により真空引きがなされ、第 1 の室(7)と概略等圧十分低真空となった。そして、基板および基板ホルダ(10)、(11)が第 1 の室(7)移される。さらに、この基板ホルダ(11)は、第 1 の室(7)から第 1 の反応炉(5)に移され、所定の半導体膜を基板上に形成させた。

【 0 0 2 0 】さらに、この被膜を形成させた後、基板およびホルダ(4)は、電極(2)、(2')に到り、外部に取り出すものは、予備室(8)より外部に取り出すことができる。またさらに、この上に半導体層を作ろうとする場合、ホルダ(11)にシャッタ(32)を開け、第 2 の室(30)に移動させる。この(32)および次段のシャッタ(33)は、必ずしも必要ではなく、その場合、共通の室を反応炉(5)に連続して複数個設けることになる。またさらに、基板および基板ホルダ(4)は、第 2 の反応系(42)に移され、第 2 の半導体層(例えば I 層)を第 1 の半導体層(例えば P 層)上に形成する。このような基板および基板ホルダ(4)の移動は、前工程の履歴に無関係に独立して被膜を作ることができた。

【 0 0 2 1 】この第 2 の反応炉も反応性気体の導入口(2

4)より反応性気体が入り、キャリアガス、不純物は、排気口、バルブ(14)、真空引ポンプ(20)を経て外部に放出される。さらに、この第2の半導体膜が形成された後、基板は、第2の予備室(35)をへて外部にとり出されてもよいが、図1において、さらに、今一度の第3の反応系(43)をへて第3の半導体層、例えばN層半導体層が形成される。さらに、この第3層が形成された基板および基板ホルダ(34)は、真空引きをされた第2の予備室(35)をへて排気口(13)より空気の導入によって、大気圧にさせた後、ゲートバルブ(36)をあけて外部に取り出される。

【0022】以上の概要より明らかな如く、本発明は、第1の反応系に、第1の室があり、この室に設けられた移動機構(12)により、基板および基板ホルダ(4)が反応炉(1)と第1の室(7)との間を往復する。さらに、同様に第2、第3の反応炉、基板および基板ホルダ(4)の保持、および移動機構(29)、(41)を有している。この第1、第2、第3の室は、共通させて設けており、この共通の室の前後の入口側及び出口側に第1、第2の予備室を空気中の酸素、水分が反応系に混入しないように設けてある。この製造装置においては、各反応ごとに反応炉より一度真空引きされた第1の室(7)に引き出されるため、各反応系の反応性気体がそれぞれの反応炉に全く混入されることがない。特に、各反応炉と室との管のしきりバルブ(52)、(53)、(54)を出し入れの際、開閉し、基板および基板ホルダ(11)(11')(11'')が移動の際、このしきりバルブが完全に閉の状態であるため、従来の説明にて本出願人により示された各反応系が互いに1つのゲートバルブで連結されている場合に比べ、さらに不純物のオートドーピングが少なくなった。

【0023】加えてさらに、以上の説明において、基板ホルダ(4)は、各反応室を基板と共に移動させた。しかし、この移動は、基板のみとし、ホルダは、第1の反応炉用のホルダ(11)、第2の反応炉用ホルダ(11')、第3の反応炉用ホルダ(11'')をそれぞれ専用に配置せしめることが本発明の製造装置において可能である。かくすることにより、各反応室間の不純物の混入、特にホルダ表面に付着しているPN型またはEg可変用不純物、添加物の混入を完全に除去することができ、多量生産用として全く画期的なものである。

【0024】図2は図1を補完する反応性気体のガス系の実施例を説明するための図である。図2において、即ち、第1、第2、第3の反応炉に対して、反応性気体は、符号(6)(27)(28)の導入管よりそれぞれ供給される。その反応性気体は、図2(A)、(B)および(C)に対応して示されている。図2(A)において、水素で希釈したジボラン(43)、シラン(44)、反応炉内壁のエッチング用ガス、例えば $CF_4$  ( $O_2 = 0 \sim 5\%$ )、または $NF_3$ 、炭化物の添加物である珪素と炭素とが化合した反応性気体、例えばTMS(テトラメチルシラン  $Si(CH_3)_4$ )(46)、およびキャリアガスである水素、またはヘリウム(47)が配置され

ている。

【0025】これらの気体は、流量計(マスフローメータ)(50)、電磁バルブ(51)を経て、導入管(6)より第1の反応炉に供給される。この場合、 $Si_xC_{1-x}$  ( $0.2 \leq x \leq 1$ )で作られ導電型は、P型としている。かくすることにより、1.7 ~ 2.5eV のEg (エネルギーギャップ)を有するP型のアモルファス、またはセミアモルファス構造を含む非単結晶半導体を基板上に100 ~ 300 Åの厚さに形成させた。被膜の作製は、本出願人の出願に係る特許願「プラズマ気相法」昭和56.10.14特願昭 56-103627号)に詳しく述べられているが、例えば、250 ~ 330 °C、特に300 °C 0.1 ~ 0.3 torr、プラズマ発生用電流の周波数13.56MHz、出力 5~100W、被膜形成時間10秒~10分とした。

【0026】反応炉内壁は、5~30回作製するとフレイク(薄片)が発生するので、かかる場合、 $CF_4$  または $NF_3$ によりプラズマエッチングして除去すればよい。図2(B)はI層のアモルファス、または5~100 Åの大きさの微結晶性を含有するセミアモルファス、またはマイクロポリクリスタルによりなる非単結晶半導体膜を作製する場合を示している。即ち、シラン(45) $CF_4$  ( $O_2 = 0 \sim 5\%$ )、キャリアガスであるヘリウム(47)よりなり、5~20%にヘリウムにて希釈されたシランにより光伝導度  $1 \times 10^{-1} \sim 9 \times 10^{-1} (\Omega cm)^{-1}$ 、特に、 $5 \sim 20 \times 10^{-1} (\Omega cm)^{-1}$ の値を有する珪素の非単結晶半導体を0.4 ~ 1 μmの厚さに作製した。また、図2(C)は図2(A)と逆にN型不純物であるフォスヒン(48)、シラン(43)、エッチング用ガス(45)、TMS(46)キャリアガス(40)を提供し、100 ~ 500 ÅのN型半導体層を作製した。

【0027】かくして、図3に示す如き基板上にPIN型のダイオードまたは光電変換装置を作り、その特性を調べた。図3(A)において、ステンレスの如き金属基板、またはカプトンの如くフレキシブルフィルム上にステンレス膜が形成された基板(70)上にP型半導体層(71)、I型半導体層(72)、N型半導体層(74)よりなる半導体層(73)を作製し、この上面にITOの如く透光性透明導電膜を600 ~ 800 Å  $\rho_s = 10 \sim 25 \Omega / \square$ を作製した。従来の一室式の平行平板型では、AM1(100mW/cm<sup>2</sup>)にて6~7.5%/3mm<sup>2</sup>しか得られなかったが、本出願人の出願に係る縦型の独立分離式において、7.5 ~ 9.5%/3mm<sup>2</sup>が得られた。しかし、本発明では、基板ホルダ(4)を各反応炉独立式にした場合、最高16%/3mm<sup>2</sup>、一般に12~15%の高い変換効率の太陽電池を作ることができた。

【0028】また、ホルダを各反応炉共通にした場合、9.0 ~ 12.5%の高い効率であった。これは酸素、水分等の酸化物気体の外部からの混入防止、各半導体表面等への不純物混入を防止したことにある。さらに、1回のバッチにおいて、10cm<sup>2</sup>の基板を50~500枚もローディング可能であり、10cm<sup>2</sup>1枚に対する設備償却費は、従来の50~500円であったものを、0.2 ~ 2円と約1/10に



下げることが可能となった点で光電変換装置の流布のためきわめて重要である。

【0029】図3(B)は、ガラスの如き透光性基板(76)上にITO(500～800 Å)(78)、および酸化スズ、または酸化アンチモン(79)(100～300 Å)よりなる低シート抵抗( $\rho_s = 5 \sim 20 \Omega/\square$  高耐熱性)の透明導電膜(77)上にP型半導体層(71)、I型半導体層(72)、N型半導体層(74)、およびアルミニウム、またはITOよりなる裏面電極(75)を設けたものである。かかる構造においても、変換効率10～13%を得ることができた。このため、この構造をガラス基板上に集積化し、また同時にPIN型の逆流防止ダイオードを設けることにより民生用の太陽電池を従来と同一出力で得る場合、従来より1/2の面積で、かつ価格は200～250円を20～30円にまで下げ、10cm<sup>2</sup>の面積にて100～130円で作ることが可能になった。

【0030】図4は本発明のプラズマCVD法で、特にグロー放電法を用いる反応炉に配置される基板、電極および基板のローディングの関係を説明するための図である。図面において、図4(A)は電極(2)、(2')を水平方向に平行に、また基板(61)を裏面を互いに密接して表面は基板間を20～40mmの間隔で設けた。また、その配置は、やはり水平に設けたものである。反応炉(1)の反応筒(5)は、直径100～300mm、代表的には180mmを有し、その長さは、200～400mmを有するため、10cmの基板に図面の如き8枚ではなく各段20枚を10～30列配置させることができた。このため、1回の製造バッチで50～600枚を作ることができ、従来の平行平板式では、まったく考えられない量の半導体装置を一度に作ることができた。

【0031】図4(B)は電極(2)、(2')を垂直方向に、また基板(61)の表面(被形成面)を垂直方向に、裏面を互いに密接させて設けたものである。その他は(A)と同様である。ホルダへの基板のローディングは、図4に示す(A)、(B)を互いに交互に行ってもよい。図4(C)はアーク放電法またはグロー放電法を用いたプラズマCVD法である。図面では図1(A)の1つの反応炉を示したものである。即ち、放電電極(2)、(2')を反応筒方向に有し、基板(61)は、ホルダ(60)にローディングされ、反応管(5)の外側には加熱用ヒータ(3)が設けられている。

【0032】アーク放電とするには、一方の電極より熱電子放出をさせた。反応性気体は、導入管(6)より導入され、不要の反応生成物、およびキャリアガスを排気管(63)より外部に放出される。この不要の反応生成物は、低温になる領域で粉末状になるため、反応炉(5)の中(内壁)にこれらが発生することを防ぐため、ヒータ(3)が図4(c)に示す符号(65)の如く反応管のすべてを覆うようにした。かくすることにより、粉末状の反応生成物を反応筒内に残留させることはなくなり、歩留まりの向上になった。図1また図4(A)、(B)においても同様にとするとさらに生産性の向上に役立った。

【0033】以上の説明より明らかな如く、本発明は、プラズマ気相法に対し多量生産を可能にする横型反応方式を採用し、さらにそれらに共通室を設け連続的に製造する構造とすることによりバッチ方式と連続方式とを結合させることが可能となった。このため、この思想を基礎とし、2つの反応系、4～8の反応系等を作ることができ、初めてPCVD装置で大量生産可能な方式を開発することができた。さらに、この半導体製造装置において、単にPINの光電変換装置のみではなく、N(0.1～1 μm) - I(0.2～2 μm) - I(0.5～1 μm)の伝導型のIGFET(縦チャネル型の絶縁ゲート型電界効果半導体装置)を、またはそれを集積化した構造を作ることが可能である。さらに、この反応炉に横方向に巾2～20cmの50～100cmの長い半導体基板を配置し、その上面全面にフォトセンサアレーその他の半導体装置を作ることにも可能である。

#### 【0034】

【発明の効果】本発明によれば、独立して減圧手段を設けると共に、異なる反応処理を行なう反応室が直接連結されておらず、必ず一つの反応処理が終了した後、一旦共通室を介してから次の異なる反応処理を行なう反応室に入れるため、反応室に残された僅かな反応性気体等が互いに混じり合わないの、品質の高い被膜を作製することができる。本発明によれば、加熱手段を独立して設けると共に、異なる反応処理を行なう複数の反応室どうしを直接接続していないため、温度が一方の反応室から他方の反応室に移ることがなく、反応室の温度を正確に制御することができる。

【0035】本発明によれば、各反応室で生成される不要反応生成物をそれぞれ独立した除去装置によって除去できると共に、前記反応性気体の混合がないため、従来より反応室を大型にしても、品質の高い被膜を同時に大量に作製することができる。本発明によれば、共通室を減圧手段によって減圧すると共に、基板を移動する移動機構を設けたため、異なる反応処理を行なう反応室どうしにおける反応性気体等の混合がなく、大量の基板を一度に素早く作製することができる。本発明によれば、第1の反応炉ないし第3の反応炉における内壁に付着した反応生成物をフッ素系気体によってプラズマエッチングにより除去しているため、基板上に形成される被膜の品質が向上する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体装置製造装置の実施例を示す。

【図2】(A)ないし(C)は図1を補完する反応性気体のガス系の実施例を説明するための図である。

【図3】(A)および(B)は本発明により作られた光電変換装置の縦断面図を示す。

【図4】(A)ないし(C)は本発明のプラズマCVD法で、特にグロー放電法を用いる反応炉に配置される基板、電極および基板のローディングの関係を説明するた

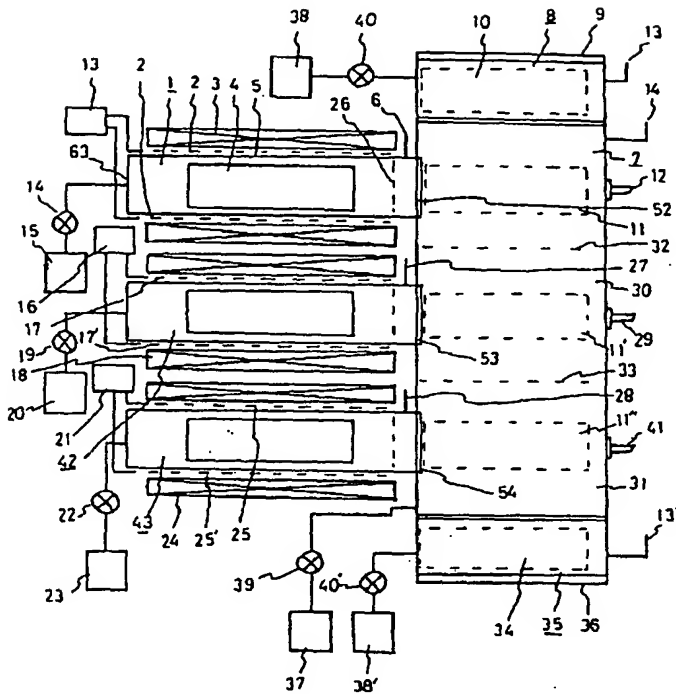
めの図である。

【符号の説明】

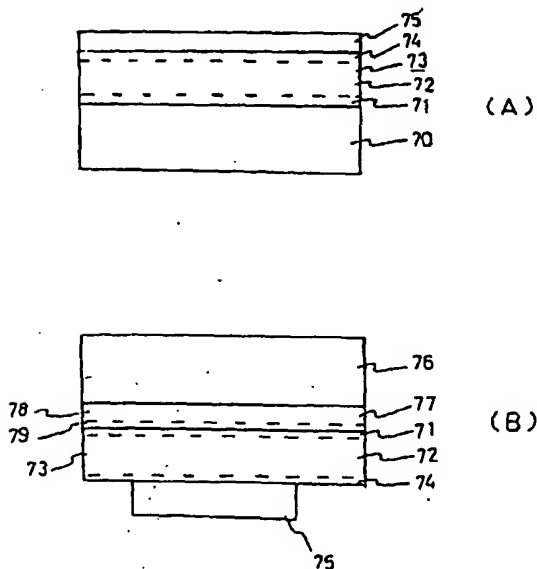
- 1・・・反応系  
2、2'・・・電極  
3・・・ヒータ  
4、11、11'・・・基板ホルダー  
5・・・反応炉

- 6・・・反応性気体  
7・・・第1室  
8・・・第1の予備室  
12・・・移動機構  
13・・・排気口  
14・・・圧力調整バルブ  
15・・・ロータリポンプ

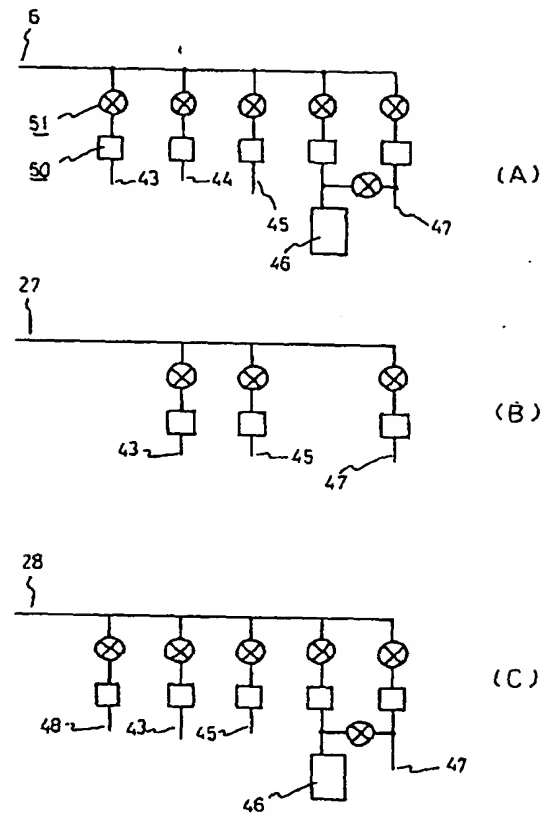
【図1】



【図3】

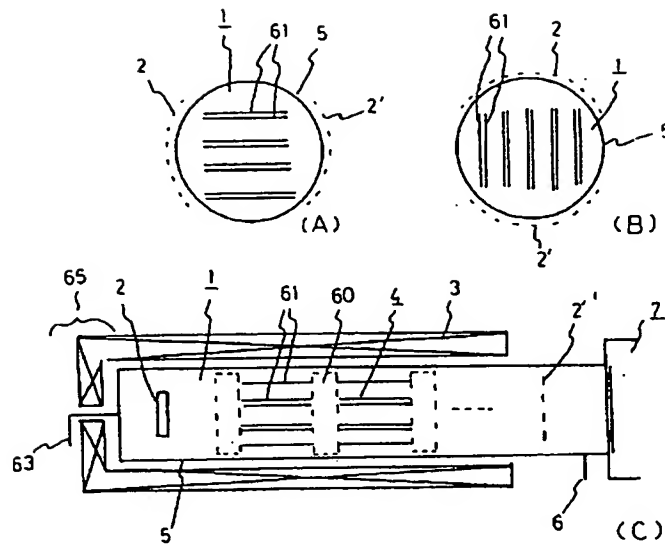


【図2】





【図 4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/68			H 0 1 L 21/68	A
31/04			31/04	T
31/10			31/10	A